

**PENGARUH VARIASI JARAK KLEM SELANG PADA TULANGAN  
BAMBU TERHADAP RESPON SIKLIK SAMBUNGAN BALOK-KOLOM  
BETON BERTULANG BAMBU**

**PUBLIKASI ILMIAH  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**Disusun oleh:  
YOPI ADI PRAYOGA  
(135060101111039)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2017**

# **PENGARUH VARIASI JARAK KLEM SELANG PADA TULANGAN BAMBU TERHADAP RESPON SIKLIK SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG BAMBU**

Yopi Adi Prayoga, Sri Murni Dewi, Devi Nuralinah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur – Indonesia

Email: [Yopiprayoga95@gmail.com](mailto:Yopiprayoga95@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Sambungan balok-kolom merupakan bagian dari komponen struktur bangunan yang sangat kritis. Seiring dengan penggunaan tulangan baja yang semakin banyak, inovasi bambu sebagai pengganti baja untuk penahan gaya tarik yang bekerja pada beton bertulang dapat menjadi solusi. Dikarenakan daya lekat antara bambu dan beton belum cukup kuat, pada penelitian kali ini akan meneliti penggunaan variasi jarak pemasangan klem selang sebagai kait pada bambu untuk mendapatkan kapasitas respon siklik sambungan balok-kolom yang lebih baik. Sambungan balok-kolom yang diuji berjumlah 7 buah dengan mutu beton ( $f'_c$ ) 30 Mpa. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi jarak klem selang (6 cm dan 12 cm), dan tulangan bambu yang digunakan adalah bambu petung dengan dimensi 1,5 x 1,5 Cm. Pengujian yang dilakukan adalah *Pengujian Kuat Lentur dengan Beban Siklik*. Hasil eksperimental dari penelitian ini menunjukkan bahwa sambungan balok-kolom dengan klem selang jarak 12 cm memiliki nilai daktilitas rata-rata 15,339 serta luas kurva hysteresis rata-rata 29,8 Kgmm, sedangkan sambungan balok-kolom dengan klem selang jarak 6 cm memiliki nilai daktilitas rata-rata 7,998 serta luas kurva hysteresis rata-rata 20,39 Kgmm.

**Kata kunci :** respon siklik, beton bertulangan bambu, daktilitas perpindahan, beban gempa, sambungan balok-kolom.

## **ABSTRACT**

*The beam-column connection is part of a very critical building structure component. Along with the increasing use of steel reinforcement, bamboo innovation as a substitute for tensile strut that works on reinforced concrete can be a solution. Because the adhesive force between bamboo and concrete has not been strong enough, the present study will examine the use of distance variation of hose clamp installation as a hook on bamboo to obtain better cylindrical block-beam response capacity. The tested-column joints amounted to 7 pieces with the quality of concrete ( $f'_c$ ) 30 Mpa. Variation used in this study is the variation of distance hose clamps (6 cm and 12 cm), and bamboo reinforcement made of bamboo petung with dimension 1,5 x 1,5 Cm. With the flexural strength test cyclic load was conducted. The experimental results of this study indicate that the beam-column connection with 12 cm hose clamps has an average ductility value of 15,339 and the average hysteresis curve area of 29.8 Kgmm, while the beam-column connection with 6 cm hose clamp has ductility value An average of 7.998 and the average hysteresis curve of 20.39 Kgmm.*

**Keywords :** *cyclic response, bamboo repeating concrete, displacement ductility, earthquake load, beam-column connection.*

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Pada struktur bangunan, sambungan balok-kolom merupakan bagian dari komponen struktur bangunan yang sangat kritis. Dalam perencanaannya sambungan balok-kolom harus mampu menahan beban lateral yang disebabkan oleh gempa, ketika kapasitas beban dari sambungan balok-kolom tidak mampu menahan beban lateral maka sambungan balok-kolom menjadi rusak dan ketika sudah seperti itu akan sulit atau bahkan tidak bisa untuk diperbaiki.

Seiring dengan banyaknya penerapan teknologi beton bertulang pada struktur bangunan membuat ketergantungan terhadap penggunaan tulangan baja semakin banyak. Penggunaan baja sebagai tulangan akan menyebabkan dampak negatif yaitu berkurangnya sumber daya alam yang suatu saat nanti akan habis jika tanpa adanya upaya untuk mencari inovasi bahan pengganti baja yang berkualitas.

Untuk mengatasi masalah itu, inovasi bambu sebagai pengganti penahan gaya tarik yang bekerja pada beton bertulang dapat menjadi solusi dari banyaknya penggunaan tulangan baja. Menurut penelitian Morisco (1996), kekuatan tarik bambu dapat mencapai  $1280 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga beberapa jenis bambu memiliki kuat tarik yang melampaui kuat tarik baja bermutu sedang.

Dikarenakan daya lekat antara bambu dan beton belum cukup kuat penambahan kait pada tulangan bambu perlu dilakukan. Pada penelitian kali ini akan meneliti penggunaan klem selang sebagai kait pada bambu, dan juga untuk mendapatkan kapasitas respon siklik sambungan balok-kolom yang lebih baik penelitian menggunakan variasi jarak klem selang yang dipasang pada tulangan bambu.

### **Rumusan Masalah**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak klem selang akibat beban siklik.

- Bagaimana pengaruh variasi jarak klem selang pada tulangan bambu terhadap respon siklik sambungan balok-kolom beton bertulang bambu ?
- Bagaimana nilai daktilitas sambungan balok-kolom beton bertulang bambu dengan kait klem selang akibat beban lateral siklik dengan variasi jarak klem selang 6 cm dan 12 cm?

### **Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui respon siklik sambungan balok-kolom beton bertulang bambu dengan klem selang yang dipengaruhi variasi jarak klem selang ?
2. Untuk mengetahui nilai daktilitas sambungan balok-kolom beton bertulang bambu dengan kait klem selang akibat beban lateral siklik dengan variasi jarak klem selang 6 cm dan 12 cm?

### **Batasan Masalah**

Agar penelitian ini nantinya tidak terlalu melebar, perlu adanya batasan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Benda uji yang digunakan dalam penelitian adalah balok berukuran  $18 \times 25 \times 160 \text{ cm}$  dan kolom berukuran  $18 \times 25 \times 100 \text{ cm}$
2. Diameter tulangan bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar  $1,5 \times 1,5 \text{ cm}$ .
3. Jenis bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu petung.
4. Ukuran klem selang yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\varnothing 7/8 \text{ inci}$ .
5. Jarak pemasangan klem selang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 6 cm dan 12 cm.

6. Pengencangan kait klem selang pada balok bertulangan bambu dengan ukuran  $\varnothing 7/8$  inci untuk dimensi tulangan  $1,5 \times 1,5$  cm.
7. Jenis mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 Mpa.
8. Pemotongan klem selang setelah dieratkan adalah sebesar setengah lingkaran klem yang terpasang.
9. Benda uji yang digunakan adalah sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang
10. Pembebanan dalam penelitian ini dilakukan dengan pembebanan siklik.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Sedangkan beton bertulang sendiri adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya (SNI 03-2847-2002).

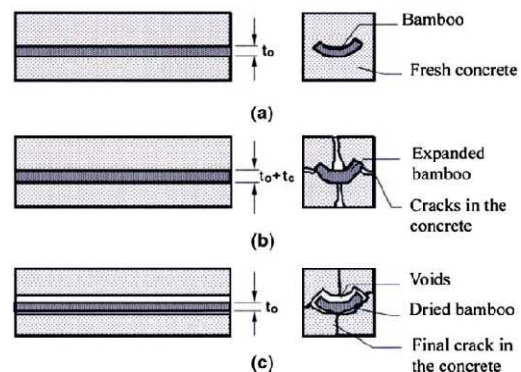
Beton bertulang merupakan gabungan antara beton dan tulangan, dimana beton memiliki fungsi untuk menahan gaya tekan dan tulangan berfungsi untuk menahan gaya tarik. Beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan dan beban tarik.

### Bambu

Bambu adalah salah satu tanaman yang memiliki batang keras berongga dan memiliki ruas di batangnya. Bambu memiliki banyak jenis, di Indonesia sendiri ditemukan sekitar 60 jenis bambu, bambu Indonesia dapat ditemukan di dataran rendah maupun di dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 300 mdpl. Bambu merupakan salah satu tanaman yang

memiliki tingkat pertumbuhan sangat cepat di dunia karena memiliki sistem perkembangbiakan rhizoma. Bambu tergolong keluarga Gramineae (rumput-rumputan) disebut juga Hiant Grass (rumput raksasa). Laju pertumbuhan tanaman bambu merupakan yang tertinggi di dunia. Laju pertumbuhan ini ditentukan oleh kondisi tanah lokal, iklim, dan jenis spesiesnya. Laju pertumbuhan bambu dapat mencapai 10 cm per harinya. Ketika bambu ini dipanen, bambu akan tumbuh kembali dengan cepat sehingga tidak mengganggu ekosistem.

Tulangan bambu yang tidak dilapisi oleh lapisan kedap air akan menyerap air pada mortar yang masih segar, sehingga tulangan bambu akan mengembang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.a. Kondisi seperti ini akan menimbulkan retakan pada mortar setelah mengering seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.b. Setelah mortar mengering retakan yang timbul akan semakin membesar, sehingga bambu akan mengalami kontak dengan udara luar yang mengakibatkan penyusutan dan pembusukan pada bambu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.c.



Gambar 1 Perilaku Bambu yang Tidak Dilapisi Lapisan Kedap Air  
Sumber : Khosrow Gavami (2005)

### Klem Selang

Untuk menambah daya lekat tulangan bambu terhadap beton, bambu

membutuhkan perlakuan khusus berupa pemberian kait pada tulangan bambu. Dalam hal ini klem selang bisa digunakan sebagai kait pada tulangan bambu.

Dalam proses pengaplikasiannya, klem selang dikencangkan dengan obeng atau sejenisnya. Klem selang harus dikencangkan sesuai dengan kebutuhan. Tidak boleh terlalu longgar dan juga tidak boleh terlalu kencang.

Theadeira Chiquita (2016) telah melakukan penelitian tentang Pengaruh Jenis Kait Terhadap Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu dengan Pengait, yang mana pada penelitian tersebut menggunakan kait dari bahan bambu dan kayu kamper. Namun bahan bambu dan kayu kamper tidak setahan lama kayu jati, jika tidak mendapat perlakuan khusus bahan bambu dan kayu kamper akan mudah lapuk.

Klem selang merupakan material yang terbuat dari stainless steel, umumnya dipakai untuk mengencangkan selang kesuatu benda. Maka dari itu, klem selang dapat digunakan sebagai kait pada tulangan bambu untuk menambah daya lekat tulangan bambu ke beton. Selain pengerjaannya yang tidak rumit, klem selang juga tahan terhadap karat karena terbuat dari bahan stainless steel, sehingga lebih tahan lama bila dibandingkan dengan bahan bambu atau kayu kamper.



Gambar 2 Klem selang  
Sumber : Jason-tools.com

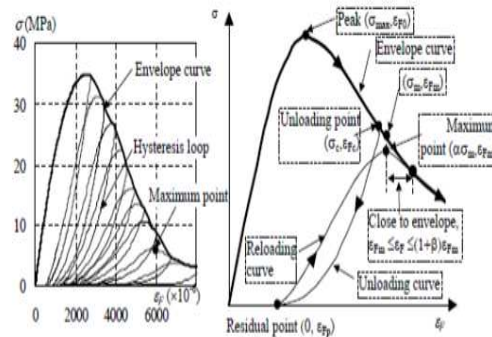
### Beban Siklik

Beban siklik merupakan beban berulang yang diterima oleh suatu struktur. Meskipun desain awal struktur memiliki

kekuatan yang memenuhi persyaratan yang ditentukan, namun struktur tetap bisa mengalami kegagalan akibat beban siklik yang terjadi pada struktur tersebut.

Kegagalan *fatigue* adalah fenomena dimana beton pecah ketika mengalami beban berulang pada tegangan lebih kecil daripada kekuatan tekan maksimum dan kekuatan *fatigue* yang didefinisikan sebagai kekuatan yang dapat didukung untuk sejumlah siklus tertentu. Kekuatan *fatigue* dipengaruhi oleh berbagai pembebanan, tingkat pembebanan, *load history*, dan sifat material.

Pada struktur kolom, beban aksial merupakan representatif dari berat sendiri dan beban siklik merupakan beban luar yang terjadi berulang, misalkan beban gempa. Beban aksial dan siklik ini akan bekerja secara bersamaan pada struktur kolom.



Gambar 3 Histeresis Loop  
Sumber : Parmo, dkk. 2013

Untuk memprediksi perilaku struktur beton dibawah pembebanan seismik, model tegangan-tegangan beton dibawah beban siklik (*histeresis loop*) adalah hal yang penting untuk diamati. Selain itu, tingkat pembebanan dan jumlah siklus sangat mempengaruhi respon tegangan - regangan beton.

### Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan dari suatu struktur untuk tidak mengalami

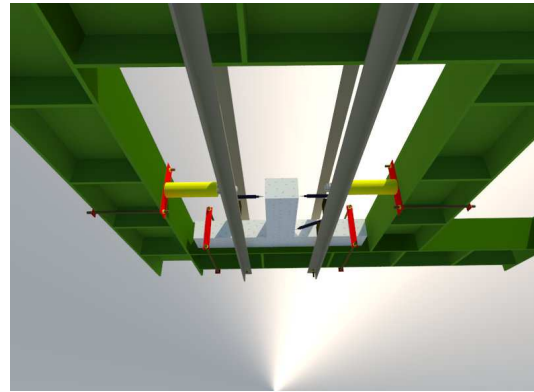
keruntuhan secara tiba-tiba, tetapi masih mampu berdeformasi cukup besar pada saat mencapai beban maksimum sebelum struktur tersebut mengalami keruntuhan (Park dan Paulay, 1975).

Daktilitas merancang pembentukan sendi plastis pada titik-titik tertentu sehingga struktur tidak langsung runtuh melainkan mencapai keadaan in-elastis lalu keruntuhan total, sehingga dengan bertambahnya jeda waktu maka pengguna struktur dapat menyelamatkan diri. Daktilitas menunjukkan kemampuan struktur dalam menahan pengaruh deformasi akibat kondisi pembebanan yang berlebihan dan menyerap pengaruh energi gempa

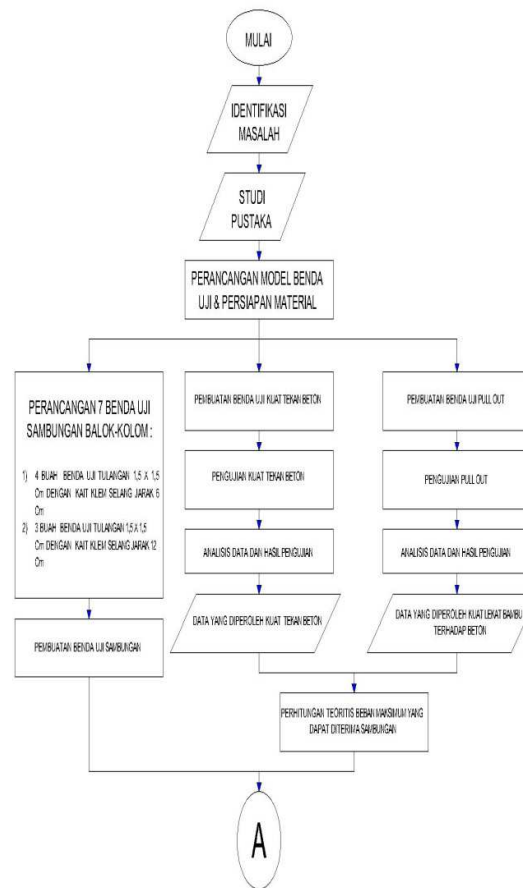
Perilaku daktail dapat dipastikan dengan mendesain balok, kolom, dan sambungannya dengan sangat hati-hati, sehingga keruntuhan dapat dihindari. Hal ini dapat dicapai melalui pemilihan dimensi dan pengaturan tulangan balok, kolom, dan sambungannya dengan tepat

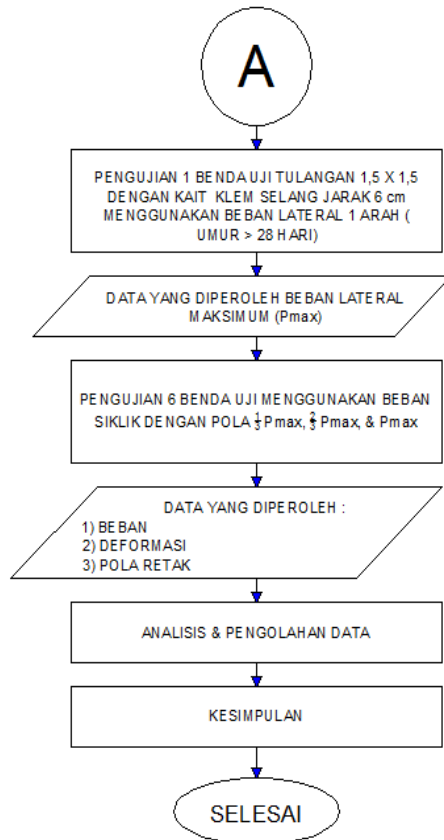
## METODE PENELITIAN

Tempat dilakukannya penelitian yaitu di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Dalam penelitian ini sambungan balok-kolom yang digunakan sebagai benda uji sebanyak 7 buah dengan variasi jarak klem selang 6 cm dan 12 cm. Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji sambungan berdiri tegak pada 2 buah rangka baja (*loading frame*). Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian adalah *load cell*, *hydraulic jack*, dan 3 buah LVDT. *Load cell* digunakan sebanyak 2 buah, dimana 2 buah *Load cell* diletakkan pada bagian kiri dan kanan ujung balok yang berfungsi sebagai pembaca beban lateral maupun beban siklik. *Displacement* beton diperoleh dari 3 buah LVDT, yang digunakan untuk menghitung perpindahan lentur (LVDT 1 & 2) dan perpindahan geser (LVDT 3)



Gambar 3 Skema Pengujian Siklik





Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Tekan

Benda uji silinder yang digunakan memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm Benda uji beton silinder dibuat sebanyak satu buah tiap satu benda uji sambungan balok-kolom sebagai sampel untuk mendapatkan karakteristik campuran beton yang dimiliki benda uji sambungan balok-kolom. Total benda uji silinder berjumlah 7 buah dengan mutu 30 Mpa dan diuji ketika beton mencapai umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4.5.

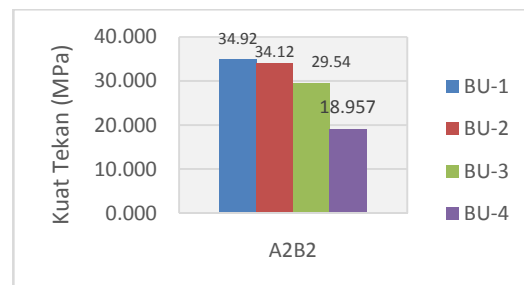
Benda uji silinder direndam (*curing*) dengan tujuan untuk menghindari rangkai dan susut pada beton. Perendaman atau *curing* dilakukan selama 7 hari setelah 1 hari dilepas dari bekistingnya. Setelah itu benda uji diangkat dan didiamkan hingga

mencapai umur beton 28 hari untuk kemudian dilakukan pengujian tekan.

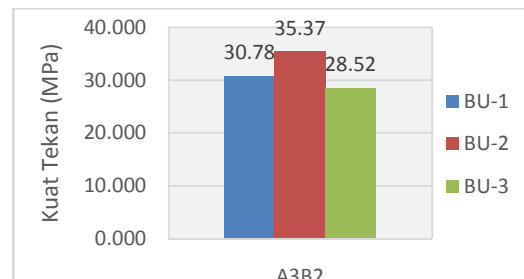
Tabel 1

Hasil Kuat Tekan Beton

No.	Balok	f'c (Mpa)	f'c Rata-rata MPa
1	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 1	34.915	29.384
2	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	34.123	
3	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	29.539	
4	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	18.957	
5	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 1	30.784	31.557
6	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 2	35.368	
7	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 3	28.521	
RATA-RATA KUAT TEKAN BETON (Mpa)			30.315



Gambar 5 Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>



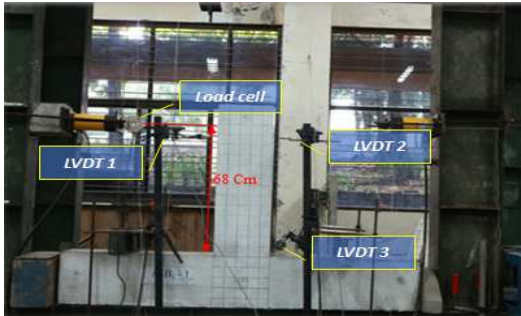
Gambar 6 Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>

Dari hasil pengujian kuat tekan beton tersebut didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 30,315 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton yang digunakan mendekati dengan perencanaan *mix design* yaitu 30 MPa.



## Pengujian Beban Lateral Satu Arah

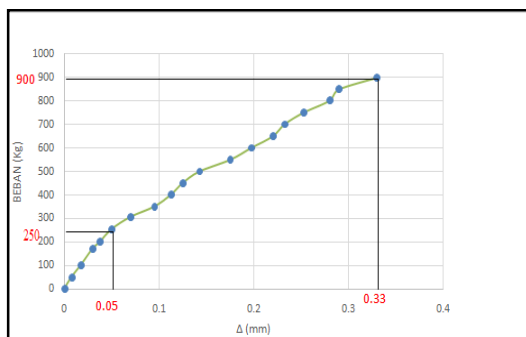
Pengujian dengan beban lateral satu arah ini menggunakan benda  $A_2B_2 - 1$  pengujian ini ditujukan untuk mengetahui batas elastis dari masing masing benda uji untuk dapat menentukan pembebanan pada pengujian dengan respon siklik.



Gambar 7 Pemodelan Pengujian Beban Lateral Satu Arah

Seperti Pada Gambar 7 terlihat ada satu buah load cell dan tiga LVDT yang telah tersetting untuk pengujian beban lateral satu arah, agar tidak dapat bergerak sambungan balok-kolom dijepit pada kedua sisinya, pembebanan dilakukan dari kiri kekanan.

Setelah melakukan pengujian didapatkan data pengujian seperti pada lampiran dan setelah itu di plot kan ke grafik hubungan antar P (beban) dan  $\Delta$ . Setelah di plotkan kita dapat mengetahui zona elastis pada beban ke berapa dari masing masing benda uji dan dapat di tentukan pembebanan yang digunakan untuk pengujian siklik.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Satu Arah ( $A_2B_2-1$ )

Dari hasil pengujian didapatkan beban pada batas elastis dari benda uji  $A_2B_2 - 1$  didapatkan beban sebesar 250 Kg. Dari beban yang didapatkan diambil beban 200 Kg sebagai batas elastis.

Pembebanan yang digunakan pada pengujian siklik adalah 200 Kg, - 200 Kg, 400 Kg, -400 Kg, dan  $P_{maks}$  dengan pembacaan per interval 50 Kg.

## Pengujian Kuat Lentur dengan Pembebanan Siklik

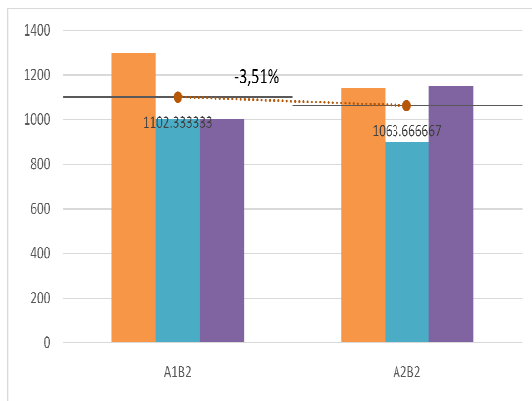
Pengujian kuat lentur sambungan balok - kolom bertulangan bambu bertujuan untuk mengetahui kapasitas sambungan balok - kolom menerima beban siklik dan mengetahui pengaruh variasi terhadap kuat lentur balok beton bertulangan bambu. Variasi yang terdapat pada setiap benda uji adalah variasi rasio tulangan dan penggunaan klem selang.

Selain data beban lateral maksimum benda uji dengan klem selang jarak 6 cm dan 12 cm, data beban lateral maksimum dari benda uji tanpa klem selang juga diperlukan untuk dibandingkan dengan benda uji dengan klem selang, hal ini diperlukan untuk analisis regresi di pembahasan selanjutnya. Untuk data dari benda uji tanpa klem selang yang akan digunakan adalah data dari penelitian Rahadian, yang menggunakan benda uji  $A_1B_2$  yaitu, benda uji tanpa klem selang dengan besar tulangan  $1,5 \times 1,5$  cm . Hasil pengujian didapati beban yang bervariasi seperti pada Tabel 2.

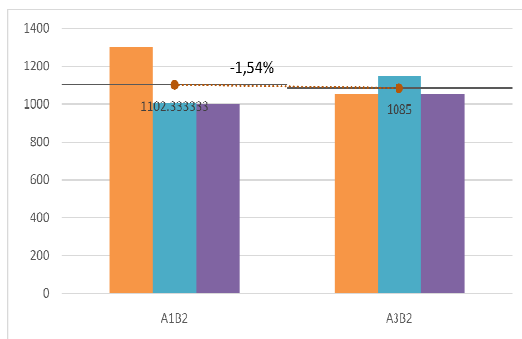


**Tabel 2**  
Beban Lateral Maksimum Akibat Siklik

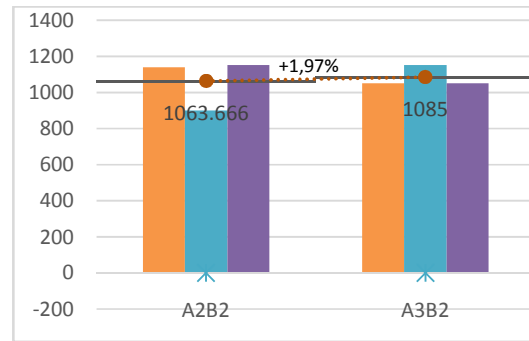
Benda Uji	Pmaks (Kg)	Rata-Rata Pmaks (Kg)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	1301	1102	172.062004	16%
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	1005			
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	1001			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	1140	1063.67	141.846161	13%
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	900			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1151			
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 1	1052	1085	57.1576766	5%
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 2	1151			
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 3	1052			



**Gambar 9** Perbandingan Beban Lateral Maksimum Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>



**Gambar 10** Perbandingan Beban Lateral Maksimum Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>

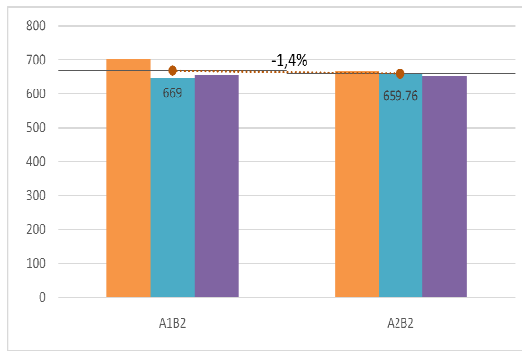


**Gambar 11** Perbandingan Beban Lateral Maksimum Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>

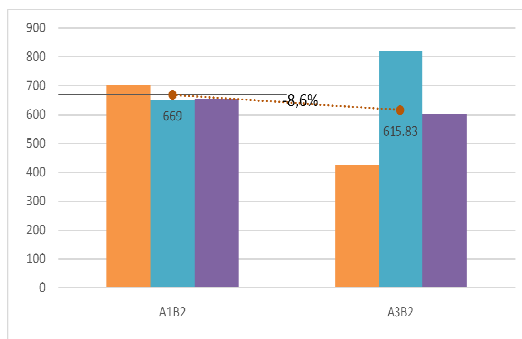
Selain Pmax, besarnya beban lateral (P) yang terjadi di saat semua benda uji mengalami regangan yang sama juga perlu dibandingkan, untuk mengetahui besarnya beban lateral (P) yang terjadi pada saat besar nilai regangan yang dialami semua benda uji sama. Untuk nilai regangan yang akan dipakai adalah 0,2 mm, hal ini dikarenakan regangan maksimum terkecil yang terjadi adalah 0,2425 mm yaitu pada benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>-3.

**Tabel 3**  
Beban Lateral (P) Pada Saat  $\Delta = 0,2$  mm

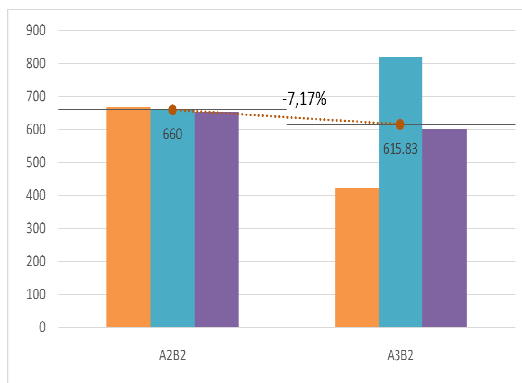
Benda Uji	$\Delta$ (mm)	P (Kg)	Rata-Rata P (Kg)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	0.2	702	669	29.241	4%
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.2	647.637			
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.2	656.142			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.2	667.655	659.76	7.4383	1%
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.2	658.734			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	0.2	652.885			
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 1	0.2	422.527	616	199.82	32%
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.2	821.601			
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.2	603.361			



Gambar 12 Perbandingan Beban Lateral (P) Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>



Gambar 13 Perbandingan Beban Lateral (P) Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>



Gambar 14 Perbandingan Beban Lateral P Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> & A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>

### Analisis Daktilitas Perpindahan

Setelah mengetahui lendutan pada saat kondisi leleh ( $\Delta_y$ ) dan lendutan maksimum ( $\Delta_u$ ) pada masing masing benda uji maka nilai daktilitas dapat di analisis. Namun mengingat hasil uji kuat tekan dari

benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-4 sebesar 18,957 Mpa dan benda uji A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>-2 sebesar 35,368 Mpa, menunjukkan bahwa benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-4 memiliki kuat tekan yang terlalu rendah dan benda uji A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>-2 memiliki kuat tekan yang terlampau tinggi karena kuat tekan rencana adalah sebesar 30 Mpa, oleh sebab itu untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada analisis daktilitas kali ini data dari kedua benda uji itu akan di hilangkan.

Tabel 4.

Tabel 4 Analisis nilai daktilitas

Benda Uji	$\Delta y$ (mm)	$\Delta u$ (mm)	$\mu$	$\mu$ Rata-Rata
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	0.04	0.42	10.5000	8.7093
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.0525	0.43	8.1905	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.04	0.2975	7.4375	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.0575	0.385	6.6957	6.2688
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.07	0.54	7.7143	
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 1	0.145	0.6375	4.3966	7.8983
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.05	0.57	11.4000	

Benda uji tanpa klem selang (A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>) memiliki nilai daktilitas 8.7093 nilai daktilitas benda uji tersebut lebih besar jika dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 6 cm (A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>) yang memiliki nilai daktilitas 6.2688 dan juga lebih besar dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 12 cm (A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>) yang memiliki nilai daktilitas 7.8983.

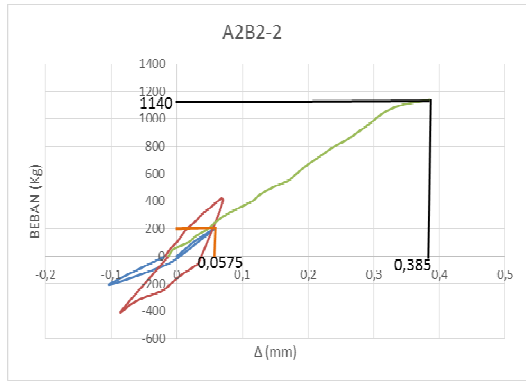
Benda uji dengan klem selang jarak 6 cm (A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>) memiliki nilai daktilitas 6.2688 nilai daktilitas benda uji tersebut lebih kecil jika dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 12 cm (A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>) yang memiliki nilai daktilitas 7.8983.

### Analisis Luas Kurva

Perhitungan luas kurva *histerisis* dari hasil pengujian dapat menunjukkan respon siklik yang dihasilkan dari masing masing benda uji. Semakin gemuk kurva atau semakin besar luas kurva menunjukkan

bahwa respon siklik yang dihasilkan sambungan akan semakin bagus dan berpengaruh pada kedaktail an dari sambungan itu sendiri. Namun mengingat hasil uji kuat tekan dari benda uji  $A_2B_2-4$  sebesar 18,957 Mpa dan benda uji  $A_3B_2-2$  sebesar 35,368 Mpa, menunjukkan bahwa benda uji  $A_2B_2-4$  memiliki kuat tekan yang terlalu rendah dan benda uji  $A_3B_2-2$  memiliki kuat tekan yang terlampau tinggi karena kuat tekan rencana adalah sebesar 30 Mpa, oleh sebab itu untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada analisis daktilitas kali ini data dari kedua benda uji itu akan di hilangkan.

Untuk menganalisis besarnya kurva dari hasil pengujian benda uji sambungan ini menggunakan cara menyamakan skala axis pada masing – masing kurva. Semakin kecil skala axis pada sumbu x ( $\Delta$ ) serta sumbu y (P) semakin tiinggi ketelitian dari perhitungan luas kurva itu sendiri. Dalam analisis ini digunakan skala sumbu axis x ( $\Delta$ ) sebesar 0,0005 mm dan pada skala axis sumbu y (P) sebesar 10 kg. Untuk luas kurva yang dihtiung merupakan luas kurva dari siklus pertama dan siklus kedua saja.



Gambar 15 Grafik Siklik Benda Uji  $A_2B_2$

Tabel 5  
Hasil Perhitungan Luas Kurva

Benda Uji	Luas Kurva (kgmm)		Luas Kurva Total (kgmm)	Luas Kurva Rata-Rata (kgmm)
	Siklus 1	Siklus 2		
$A_1B_2 - 1$	1.85	3.9	5.75	9.15
$A_1B_2 - 2$	3.7	6.2	9.9	
$A_1B_2 - 3$	1.85	9.95	11.8	
$A_2B_2 - 2$	4.5	27.2	31.7	29.28
$A_2B_2 - 3$	3.15	18.975	22.125	
$A_3B_2 - 1$	5.3	28.7	34	41.3
$A_3B_2 - 3$	3.3	45.3	48.6	

Benda uji tanpa klem selang ( $A_1B_2$ ) memiliki luas kurva 9,15 kgmm, luas kurva benda uji tersebut lebih kecil jika dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 6 cm ( $A_2B_2$ ) yang memiliki luas kurva 29,28 kgmm dan benda uji dengan klem selang jarak 12 cm ( $A_3B_2$ ) yang memiliki luas kurva 41,3 kgmm.

Benda uji dengan klem selang jarak 6 cm ( $A_2B_2$ ) memiliki nilai luas kurva 29,28 kgmm, luas kurva benda uji tersebut lebih kecil jika dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 12 cm ( $A_3B_2$ ) yang memiliki luas kurva 41,3 kgmm.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian berupa analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak klem selang terhadap respon siklik serta nilai daktilitas sambungan balok-kolom beton bertulang bambu, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Variasi jarak klem selang 6 cm dan 12 cm belum berpengaruh secara signifikan terhadap luas kurva histeresis serta nilai daktilitas sambungan balok-kolom beton

- bertulang bambu. Hal itu ditunjukkan pada perhitungan analisis anova satu arah, dimana pada analisis anova satu arah terhadap nilai daktilitas didapatkan nilai  $F_{hitung} = 0,046 < F_{tabel} = 18,5$  dan pada perhitungan analisis anova satu arah terhadap luas kurva histeresis didapatkan nilai  $F_{hitung} = 2,72 < F_{tabel} = 18,5$ . Di karenakan terbatasnya jumlah benda uji pada penelitian ini, sehingga jumlah variable bebasnya juga terbatas, maka pada penelitian ini belum bisa mendapatkan jarak klem selang yang paling optimum.
2. Benda uji dengan klem selang jarak 12 cm memiliki nilai daktilitas serta luas kurva yang lebih besar dibandingkan benda uji dengan klem selang jarak 6 cm, dimana benda uji dengan klem selang jarak 12 cm memiliki nilai daktilitas rata-rata 7,898 dan luas kurva histeresis rata-rata 41,3 Kgmm, sedangkan benda uji dengan klem selang jarak 6 cm memiliki nilai daktilitas rata-rata 6,269 dan luas kurva histeresis rata-rata 29,28 Kgmm. Hal ini dikarenakan jarak klem selang 6 cm dianggap masih terlalu rapat, jarak klem selang yang terlalu rapat justru dapat merusak beton dari dalam, sehingga mengurangi kekuatan sambungan balok-kolom beton bertulang bambu.

### Saran

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh variasi jarak klem selang terhadap respon siklik serta nilai daktilitas sambungan balok-kolom beton bertulang bambu, terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian serupa yang akan datang:

1. Jumlah benda uji untuk masing-masing variasi akan lebih baik jika ditambah sehingga data yang didapatkan lebih akurat.

2. Pada saat pengecoran benda uji harap dilakukan penakaran yang tepat sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan sebelumnya.
3. Sebaiknya diambil sampel untuk uji tekan silinder minimal 3 buah agar data yang didapatkan lebih valid.
4. Saat pengujian di laboratorium harus benar-benar diperhatikan komponen-komponen yang mendukung jalannya pengujian seperti roll yang digunakan untuk menyalurkan.
5. Akan jauh lebih baik jika jumlah variable bebas diperbanyak, sehingga data yang didapatkan sebagai perbandingan akan lebih banyak dan mendapatkan jarak klem.

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Sulayfani,B& Al-Tae, H. (2008). *Modeling of Stress-Strain Relationship for Fibrous Concrete Under Cyclic Loads*. Eng. Tech. Vol.26, No.1, pp. 45-53.
- Badan Standardisasi Nasional ( BSN ). (2002). *SNI 03 – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media Press
- Badan Standardisasi Nasional ( BSN ). (2002). *SNI 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Chiquita, Theadeira. (2016). *Pengaruh Jenis Kait Terhadap Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu dengan Pengait*. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Dewi, S. M. (2005). *Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-plane dan Beban Lentur*. *Disertasi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

- Dini, Restian. 2008. *Analisis Pengaruh Dimensi Balok dan Kolom Portal Terhadap Lebar Retak Pada Bangunan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Ghavami, K., (2005). *Bamboo As Reinforcement In Structural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, Elsevier, 27, pp. 637-649.
- Lestari, A. D. (2015). Pengaruh Penambahan Kait Pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu. *Jurnal Rekayasa Sipil./Volume 9*.
- Morisco.(1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Nanda, K. P. (2016). Pengaruh Jarak Kait Terhadap Balok Beton Bertulangan Bambu dengan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil./Volume 1 Nomor 2*.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Setya Budi, A. s., & Sugiarto., (2013). *Model Balok Beton Bertulangan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S245-S252.
- Janssen, J. J.A. 1980. *Bamboo in Building Structure. The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction*. IDRC. Canada